

Honda Smart Home System の実証実験結果

Honda Smart Home System Experiment Results

金井 靖司*
Yasushi KANAI

山田 想*
So YAMADA

要 旨

一般家庭におけるCO₂排出量半減、さらにはゼロを目指し、家庭用小型コージェネレーションシステム、太陽光発電、電気自動車とSmart e Mix Managerで構成されるHonda Smart Home Systemを用いた家庭でのCO₂排出量削減効果を調査すると共に、生活の質を落とすことなくCO₂排出量削減を行うための課題を探り、CO₂排出量ゼロ化への道筋を探るべく約3年間の実証実験を行った。この結果、実証実験住宅と同じ建物で電力会社から電力を購入し、高効率ガス給湯器にてお湯を沸かし、実証実験を行った家庭と同じ電力量と熱量を消費したと想定した従来型の家庭に対して、CO₂削減:51%という結果が得られた。また、太陽熱温水器やバイオフェューエルなど再生可能エネルギーを用いることでCO₂排出量ゼロの方向性が得られた。

ABSTRACT

An experiment has been carried out over a period of approximately three years using the Honda Smart Home System, which comprises micro combined heat and power generation system in combination with photovoltaic power generation, electric vehicle, and Smart e Mix Manager and is conceived to reduce CO₂ emissions from ordinary homes to one-half and then eventually to zero. The purpose of the experiment was to study the effectiveness of the system in reducing CO₂ emissions from the home, to examine the issues involved in reducing CO₂ emissions without lessening the quality of life, and to explore possible approaches to achieving zero CO₂ emissions. At a building identical to the experimental house, electric power was purchased from an electric utility company and a highly efficient gas hot water heater was used to make hot water on the assumption that a conventional household was consuming the same amount of electric power and heat as the household where the experiment was conducted. The result was that the experimental house achieved a 51% reduction in CO₂ emissions. When solar water heaters, biofuel, and other such renewable energy sources were used, a potential direction was found for achieving zero CO₂ emissions.

1. はじめに

現在、地球温暖化の主な原因の一つである温室効果ガス(GHG)排出量の削減が求められ、その取り組みの一つとして太陽光発電(PV)などの再生可能エネルギーの利用が進められている⁽¹⁾。また、分散型エネルギーを一定規模のコミュニティ内で面的に利用し、平常時は省エネ、非常時はエネルギー供給の確保を可能とする地産地消型のエネルギーシステムの構築も進められており⁽²⁾、地方自治体ではそれを用いて地域産業の活性化や災害に強い地域を模索する動きがある。このような背景のもとで本田技研工業株式会社とさいたま市はE-KIZUNA Project協定を結び、多様なエネルギー供給と多様な電動車両の利用による、災害

に強い環境未来都市の提案に向け取り組むことに合意した⁽³⁾。具体的には、さいたま市の市有地を借り受けて実験用の住宅を建設し、エネルギーの地産地消と、自立可能なホームコミュニティの検討、災害時にも対応できる暮らしのエネルギー供給システム(Honda Smart Home System⁽⁴⁾: HSHS)の効果検証を目指した実証実験を実施している。

2. 目的

- (1) HSHSの効果を実証することを第一の目的とし、CO₂排出量半減を目標とした。
- (2) 2020年にCO₂排出量ゼロを達成するための方向性を提案すること、を第二の目的とした。

*汎用R&Dセンター

3. 実験方法

以下に実証実験の測定期間、対象、使用機器などの概要を示す。

3.1. 実証実験の期間概要

建物および計測システムは、2012年4月末に完成し5月に居住を開始した。計測システムの動作確認、調整期間を経た同年7月以降からのデータを実証実験の解析に用いた。なお電気自動車(EV)は、2012年12月から2014年11月末まで使用した。なお、この実証実験は弊社生命倫理委員会の承認を受けたのちにおこなっている。

3.2. 実証実験対象

実証実験棟は積水ハウス株式会社製の軽量鉄骨プレハブ工法の二階建て住宅である。Fig. 1, Fig. 2にその外観を示す。

Table 1に建物の概要を示す。建物は平成11年に改正告示された“住宅に係わるエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断と基準”に示されている、さいたま市での熱損失係数 $[2.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ 以下⁽⁵⁾を満足している。

各居室に一台ずつ設置した冷暖房用エアコンの概要をTable 2に示す。以下で示す概要は、公表されている値を記載した。

Table 3にガスファンヒータ、温水温風ヒータの、Table 4に温水床暖房の概要を示す。これらの暖房機器は一階に設置した。



Fig. 1 Southwest side appearance of experimental house



Fig. 2 Northwest side appearance of experimental house

Table 1 Experimental house specifications

Total floor space	171.13 [m ²]
Heat loss coefficient	2.03 [W/(m ² ·K)]
Building orientation	South

Table 2 Air conditioner specifications

Installation location	Cooling capacity	Heating capacity
1st floor living room	7.1 [kW]	8.5 [kW]
1st floor Japanese-style room	2.2 [kW]	2.5 [kW]
2nd floor master bedroom	2.2 [kW]	2.5 [kW]
2nd floor south bedroom	2.2 [kW]	2.5 [kW]
2nd floor north bedroom	2.5 [kW]	2.8 [kW]

Table 3 Heater specifications

Heater type	Installation location	Heating capacity
Hot water heater	1st floor Japanese-style room	3.5 [kW]
Gas fan heater	1st floor Japanese-style room	5.81 [kW]
Hot water heater	1st floor bathroom	4.1 [kW]

Table 4 Hot water floor heating specifications

Installation location	Heating area
1st floor kitchen	2.4 [m ²]
1st floor living room	8.0 [m ²]
1st floor dining room	7.2 [m ²]

実証実験棟の住宅設備概要を以下に示す。

- LED照明と24時間換気システムを用いた。
- 給湯、温水暖房機器の熱源には家庭用小型コージェネレーションシステムを用いた。
- 2013年12月にガスファンヒータを一階和室に用意した。
- 厨房設備はガスコンロを用いた。
- ガスは都市ガス(13A)を用いた。

3.3. 使用機器、比較対象機器

以下に本実証実験で使用する機器と、比較対象として想定する機器を説明する。

3.3.1. 家庭用小型コージェネレーションシステム

家庭用小型コージェネレーションシステム(MCHP)は、ガスエンジン発電機を用いた発電ユニットと、補助ボイラを内蔵した貯湯ユニットで構成されたシステムである。発電ユニットで発電した電力は、MCHPが接続された家庭内ですべて消費される。余剰電力が発生した場合は、発電ユニットに内蔵したヒータでお湯に変換する。実証実験棟では市販のMCHPであるエコウィル(エコウィルは大阪ガス株式会社の登録商標)⁽⁶⁾と同一性能のものを設置したが、停電時にSmart e Mix Manager(SeMM)⁽⁴⁾からの指令で自立運転による発電が可能になるように機能を追加した。Table 5に発電ユニット、Table 6に貯湯ユニットの概要を示す。

3.3.2. 太陽光発電

太陽光発電システムは、株式会社ホンダソルテック製の太陽電池とパワーコンディショナ(PCS)を使用した。

Table 5 MCHP power generation unit specifications

Power generation output	1.0 [kW]
Exhaust heat output	2.5 [kW]
Gas consumption	4.21 [kW]

Table 6 MCHP hot water tank unit specifications

Hot water temperature	Approx. 75 [°C]
Hot water storage tank capacity	90 [L]
Reheating capacity	12 [kW]
Heating capacity	17.4 [kW]
Maximum gas consumption	50.0 [kW]

Table 7 Photovoltaic array specifications

Manufacturer	Honda Soltec
Cell type	CIGS
Nominal maximum output	4.44 [kW]

Table 8 PCS specifications

Manufacturer	Honda Soltec
Rated capacity	4.0 [kW]
Power conversion efficiency	94.5 [%]

PV が発電した電力は PV が接続された家庭内で消費されるが、余剰電力が発生した場合は電力会社に逆潮流する。Table 7 に太陽電池アレイ、Table 8 に PCS の概要を示す。

3.3.3. SeMM

SeMMはMCHP、PV、EVを組み合わせて使用した時に熱と電力を統合制御する装置である。また、停電時にMCHPを起動させ、PVからの電力と合わせて特定のコンセントに電力を供給する機能を有している。Fig. 3にHSHSの概要図を示す。

3.3.4 車両

実証実験棟居住者の主たる交通手段としてFIT EV⁽⁷⁾を使用した。FIT EVには車載ログを搭載して走行距離、充電量等を記録した。

3.4. 計測

本実証実験では、住宅、MCHP、PV の電力量や熱の需要と供給量、および環境状況を分析するため、電力、圧力、温度、流量など約 200 項目を一秒ごとに計測した。熱量は直接計測できないため計測した温度、圧力、流量から算出した、

3.5. CO₂削減効果の評価方法

今回、実際にデータを取得するのは一世帯のみである。HSHS による CO₂ 削減量は、まったく同じ住環境で同じ生活を、HSHS の無い住宅でおこなった場合と比較するのが妥当と考えて、条件および方法を以下の様に設定した。

- HSHS を導入していない従来型の住宅を想定し、実証実験棟と同じエネルギー需要を満たす電力とガスの購入量を算出する。この住宅を CO₂ 削減量の比較対象とし、従来型住宅と表記する。この従来型住宅と実証実験棟での実際の電力およびガス購入量の差分がエネルギー削減効

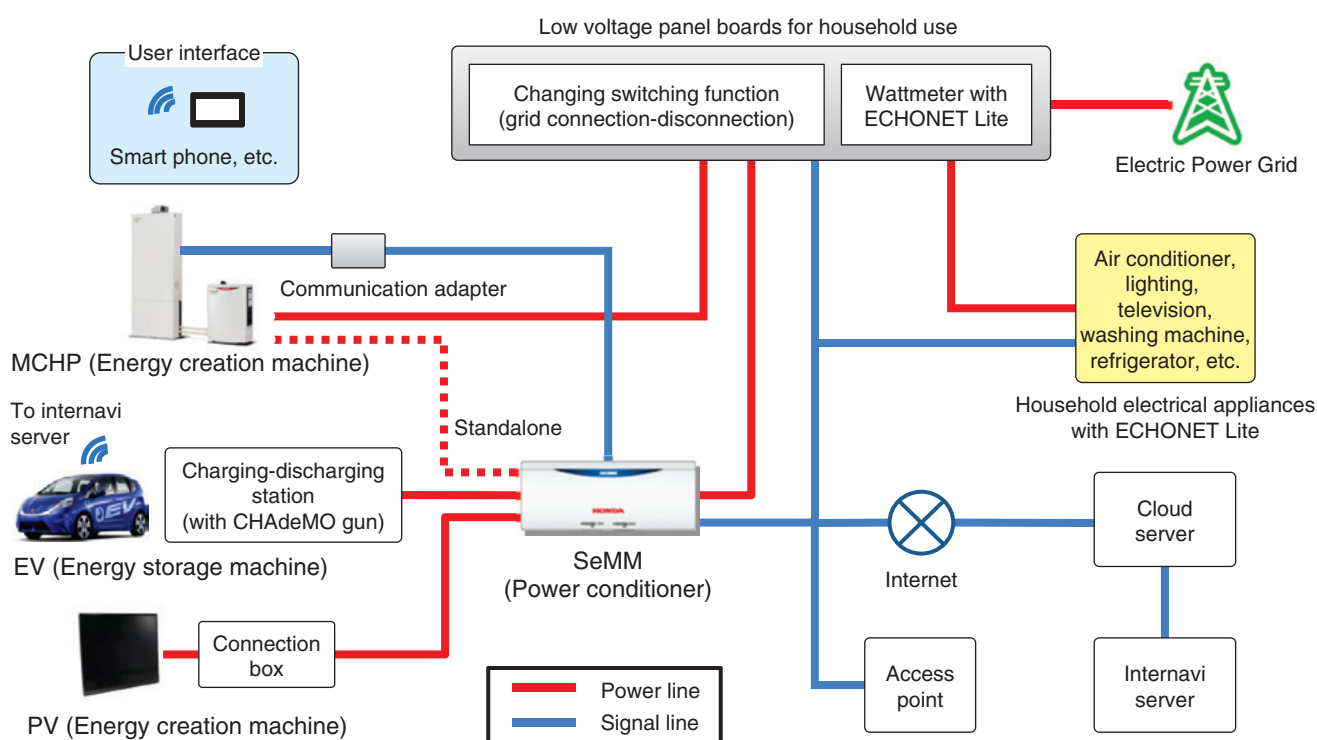


Fig. 3 System configuration of HSHS

Table 9 CO₂ emissions per unit

Type	CO ₂ emissions per unit
Electric power	0.192 [kg-CO ₂ /MJ]
City gas 13A	0.057 [kg-CO ₂ /MJ]
Gasoline	2.322 [kg-CO ₂ /L]

Table 10 High-efficiency water heater specifications

Energy consumption efficiency	Energy consumption efficiency	93 [%]
	Hot water supply	95 [%]
	Hot water heating	87 [%]

Table 11 Vehicle specifications

	Experimental house	Conventional house
Name	FIT EV	FREED
Model	ZAA-ZA2	DAB-GB3
Dimensions	Full length	4,115 [mm]
	Full width	1,720 [mm]
	Total height	1,580 [mm]
Mass		1,290 [kg]
		1,290 [kg]
Fuel consumption (JC-08)		16.6 [km/L]
		106 [W-h/km]
Battery	Type	Lithium ion
	Capacity	20 [kW-h]

果であり、それらを各エネルギー源の CO₂ 排出量原単位を用いて CO₂ 削減量に換算する。Table 9 に今回の計算に用いた CO₂ 排出量原単位⁽⁸⁾を示す。

- 従来型住宅の電力需要は、実証実験棟のコンセントなどを經由して使用した“動力と照明”と、エアコン電力消費量の和とする。この電力は電力会社から購入する。電力購入量 W_{vhe} は、“動力と照明”の電力量 W_{dpl} 、“エアコン”電力消費量 W_{acu} から式 (1) より求める。

$$W_{\text{vhe}} = W_{\text{dpl}} + W_{\text{acu}} \quad (1)$$

- 従来型住宅は、ガス供給会社からガスを購入し、高効率給湯器とガスコンロを用いて湯沸かしや調理を行う。冷暖房はエアコンと高効率給湯器による温水暖房で賄う。高効率給湯器⁽⁹⁾は2015年時点で一般的に販売されていた給湯、温水暖房が可能な機器を選択した。その概要をTable 10に示す。
- 従来型住宅の熱需要 Q_{dhe} は、実証実験棟の“給湯”需要 Q_{hws} 、実証実験棟の“追い炊き”需要 Q_{rh} 、実証実験棟の“床暖房”需要 Q_{wh} 、高効率ガス給湯器の効率 η_{ej} から式 (2) より求める。

$$Q_{\text{dhe}} = (Q_{\text{hws}} + Q_{\text{rh}} + Q_{\text{wh}}) / (\eta_{\text{ej}} / 100) \quad (2)$$

- 従来型住宅のガス購入量 V_{vhgc} は、従来型住宅の熱需要 Q_{dhe} 、都市ガスの熱量 Hu_g 、実証実験棟ガスファンヒータのガス消費量 V_{gf} 、実証実験棟ガスコンロのガス消費量 V_b から式 (3) より求める。

$$V_{\text{vhgc}} = Q_{\text{dhe}} / Hu_g + V_{\text{gf}} + V_b \quad (3)$$

- 従来型住宅で使う車両の走行距離は、実証実験棟の FIT EV と同じ距離にした。また、車両は FIT EV と車体の大きさが近いホンダフリード⁽¹⁰⁾を選定した。Table 11 に FIT EV とホンダフリードの概要を示す。

3.6. 居住者

居住者は共働きの夫婦、社会人と大学生の子供、の4人家族であった。

4. 結果

実証実験棟において計測した電力購入量、ガス購入量と熱需要を以下に示す。

4.1. 電力購入量、ガス購入量

Fig. 4 に計測期間中の、年ごとおよび全期間平均の電力とガスの年間購入量を種類別分類で示す。年間データは7月から翌年6月までを一年間とした。電力は家庭内と EV 充電で使われた。それらの量的な違いを明らかにするために、家庭内にて“動力と照明”、および“エアコン”で使った電力量 (without vehicle) と、“EV 充電”で使った電力量 (EV charging) とに分けて示す。PV 発電電力量は、家庭内で使用した“PV 発電使用分”と、残りの電力会社に逆潮流された“PV 発電逆潮流分”の量的な違いを明らかにするために分けて記載した。PV 発電電力にて、家庭内で使用された分だけ購入電力量が削減された。また、逆潮流された電力は電力会社を經由して消費され、その分だけ発電所での発電量が減らせるので、これらはマイナスの値で表した。ガスは MCHP とガスコンロ、ガスファンヒータにて消費した合計である。同図にて、2014 年7月から2015 年3月までは9ヶ月分のデータである。右端は各月の平均値を一年間にまとめた、全計測期間での年間平均値である。電力とガスの合計購入量は約 68,000 MJ となった。

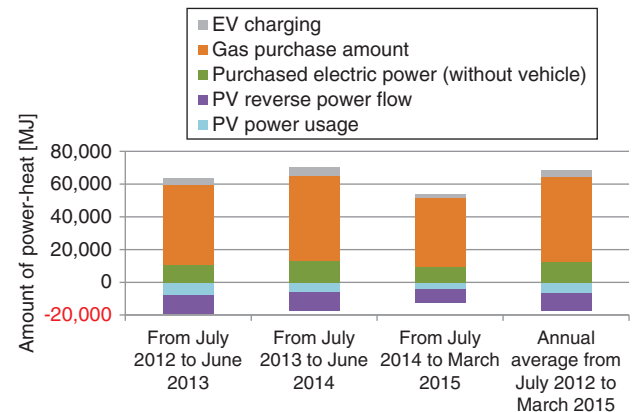


Fig. 4 Electricity and gas annual purchase amount

4.2. エネルギー需要

Fig. 4 をエネルギー需要の用途別に分類し直した図を Fig. 5 に示す。また、2013 年全国平均値⁽³⁾を参考として同図右端に示す。MCHP で消費したガス量は用途別に分類することができないため、“給湯と追い炊き”、“温水暖房”に分けて熱需要として表した。それ以外の値は“供給電力量”、“購入ガス量”として示す。

EV 充電を除く電力と熱の年間需要は約 61,000 MJ であった。この値が Fig. 4 に示す合計購入量より少ないのは、“給湯と追い炊き”、“温水暖房”の需要が MCHP からの供給量で表されているため、MCHP のガスから熱への変換効率が影響したことによる。

電力と熱の年間需要は、全国平均の約 36,000 MJ に対して 1.7 倍であった。その内容を見ると、全国平均に比べて“動力と照明”および“エアコン”の消費が多い。

“動力と照明”では、消費全体に対する構成比率は全国平均とほぼ同じだが、消費量は全国平均の 1.7 倍であった。

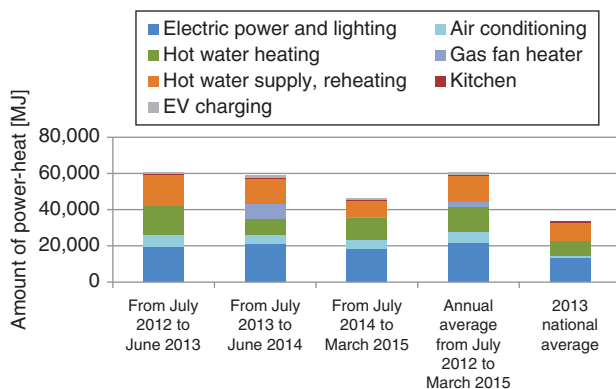


Fig. 5 Annual power and heat consumption

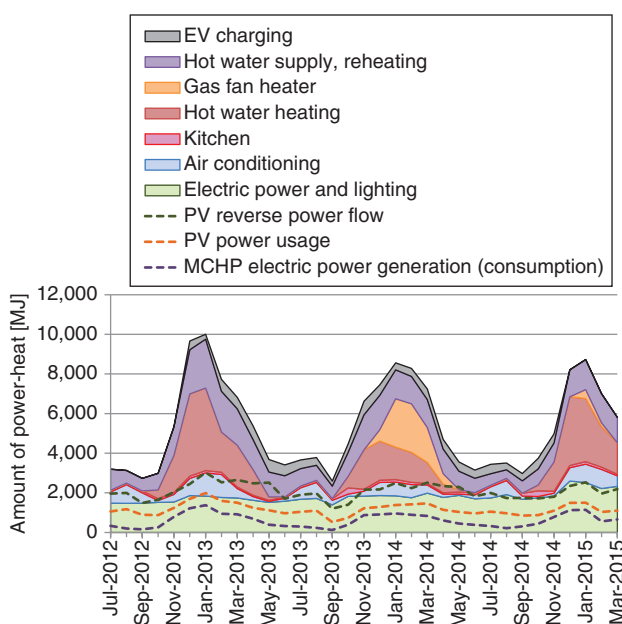


Fig. 6 Monthly electricity and heat consumption by application

また“エアコン”は全国平均の 6.4 倍、“暖房”(実証実験棟では温水暖房+ガスファンヒータ)は全国平均の 2 倍であった。

Fig. 6 に用途別、月別の電力消費量と熱需要、ガス消費量を示す。“EV 充電”、“給湯と追い炊き”、“温水とガス暖房”、“エアコン”、“動力と照明”は、それぞれの用途で消費された電力量と熱需要を示し、これらを積み上げ面グラフで表した。また PV 発電は、“PV 発電使用分”と“PV 発電逆潮流分”に分けて記載した。PV 発電と MCHP 発電は積み上げ線グラフで記載した。電力消費である“エアコン”と“動力と照明”の合計と、“PV 発電使用分”、“PV 発電逆潮流分”、“MCHP 発電”の合計が各月とも近い値になった。

2013 年 12 月より、一階和室の温水温風暖房機の代わりにガスファンヒータを導入して、暖房用熱量利用効率の向上を目指した。エアコン電力量と熱需要を、ガスファンヒータ導入前の 2013 年 1 月から同年 3 月と、導入後の 2014 年 1 月から同年 3 月までで比較した。その結果、エアコン電力量は導入前に比べて 63% まで減少した。しかし、ガスファンヒータの使用によりガス使用量が増え、床暖房とガスファンヒータでの熱需要は導入前に比べて 131% に増加した。このため、この期間の暖房による電力と熱消費量は導入前に比べて 114% に増加し、電力と熱需要の減少効果は得られなかった。

4.3. 電力消費量

夏期と冬期に電力消費量が多い。その原因は Fig. 6 から判るようにエアコン消費による。

Fig. 7 に 1 月(冬)、5 月(中間期)、8 月(夏)の EV 充電を除く時間帯別電力消費量を示す。いずれも朝晩にピークがあり、特に夜間の消費量が多い。

Fig. 8 に各月の平均外気温とその月のエアコン電力消費量の関係を示す。エアコンの電力消費は冷房、暖房の違いでは無く、外気温に影響されていた。

4.4. ガス消費量

Fig. 6 より、ガスは冬期の消費量が多く夏期の約 5 倍で

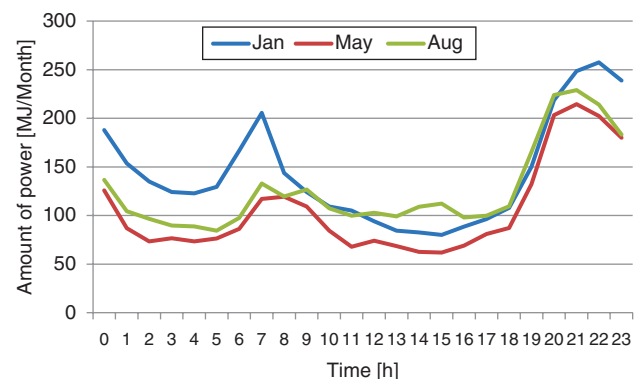


Fig. 7 Hourly electric power consumption with EV charging excluded

ある。これは、厨房のほかに給湯と暖房の熱源として使用していることによる。

Fig. 9 に 1 月, 5 月, 8 月の MCHP の時刻別のガス消費量を示す。季節によらず給湯, 追い炊き消費が多い朝と夕方に消費されていた。

4.5. 熱需要

Fig. 5 より熱需要は全エネルギー消費量の 1/2, 暖房用熱需要は全熱需要の 1/2 を占めることがわかる。以下にその内訳を示す。

4.5.1. 暖房用の温水熱需要

Fig. 10 に月別の暖房用の温水熱需要を示す。温水暖房が 10 月から翌年 5 月まで使われ, 最大で 4,200 MJ/月を消費していた。13 年 12 月が他の年より少ないのは, 温水温風暖房機からガスファンヒータに交換したことによる。

Fig. 11 に一ヶ月間の平均外気温とその月の温水暖房熱需要の関係を示す。平均外気温が 20℃ を下回る頃から温水暖房が使われはじめ, 平均外気温が下がるごとに需要が増えていた。

4.5.2. 給湯, 追い炊き熱需要

Fig. 12 に 1 月, 5 月, 8 月の時刻別の給湯と追い炊き熱需要を示す。“朝に入浴していた”という居住者のコメント

が得られ, それを裏付けるように朝の需要が多い。また, 暖房消費と異なり夏期 8 月の昼間にも需要があった。

4.6. CO₂ 排出量削減効果

Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6 に示したエネルギー消費量より, 3.5. 節に述べた方法で評価した従来型住宅と, 実証実験棟の種類別 CO₂ 排出量を Fig. 13 に示す。実証実験棟では MCHP が使用されているためガス消費量が増え, その分 CO₂ 排出量が増えた。一方, MCHP および PV の発電により電力購入量が減りその分の CO₂ 排出量が減ったため, その差し引きにより実証実験棟における CO₂ 排出量は従来型住宅に比べ 51% の削減となった。

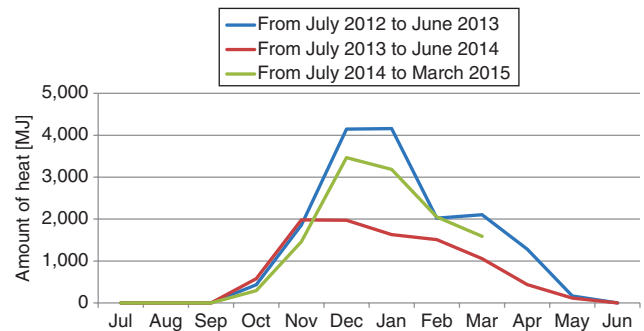


Fig. 10 Monthly hot water heat consumption for heating

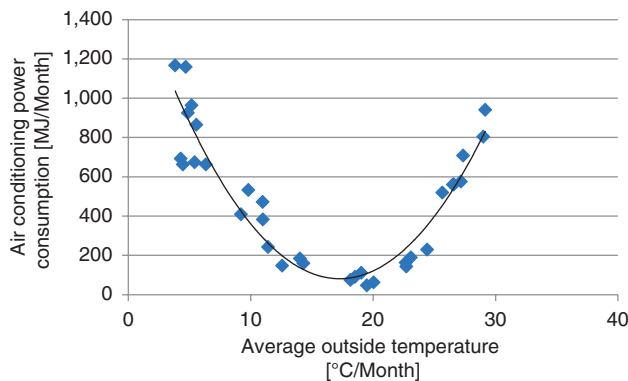


Fig. 8 Average air temperature and air conditioning power consumption

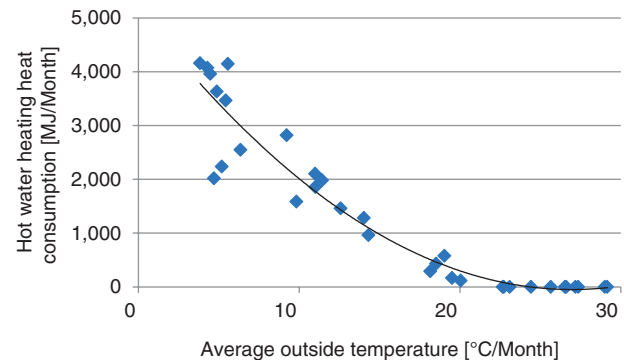


Fig. 11 Average outside temperature and hot water heat consumption for heating

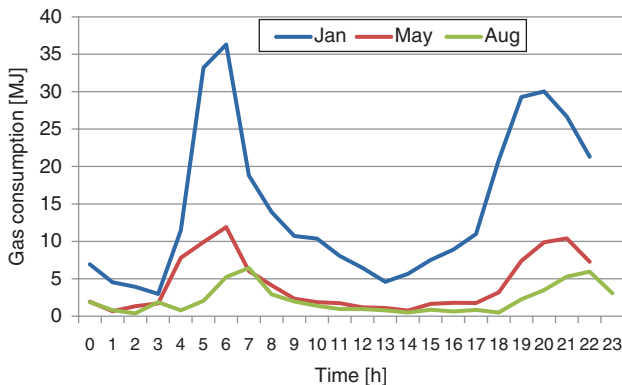


Fig. 9 Hourly MCHP system gas consumption by month

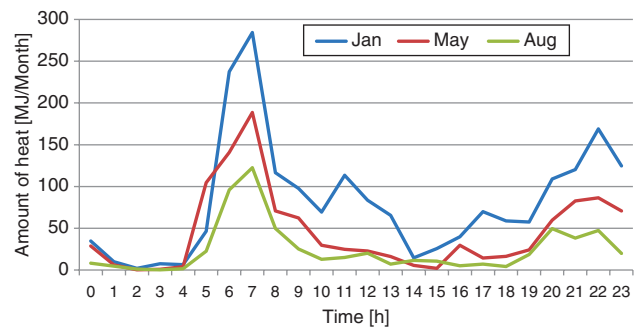


Fig. 12 Monthly hot water supply - Reheating heat consumption by hour

Fig. 14 に用途別、月別の CO₂ 排出量を示す。同図にて“エアコン”、“動力と照明”、“EV 充電”は電力の消費による、“温水とガス暖房”は、温水や熱を得るために使用したガスの消費による CO₂ 排出量である。“給湯と追い炊き”、“温水暖房”は、各項目の熱需要の比率に合わせて MCHP のガス消費量を分別して CO₂ 排出量を算出した。これらを積み上げ面グラフで表した。CO₂ 削減効果は用途別に分類するのが容易ではないため、機器別に分類して同図に記載した。“EV による削減効果”は、比較対象のガソリン車と FIT EV が同じ距離を走行した場合の CO₂ 排出量の差分である。“MCHP による削減効果”は、MCHP による発

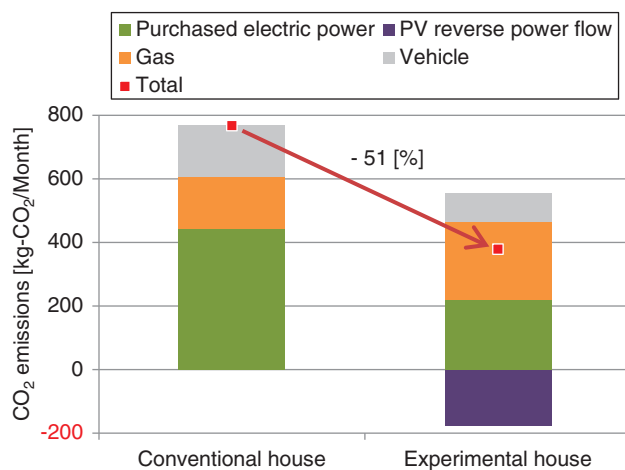


Fig. 13 CO₂ emissions by type

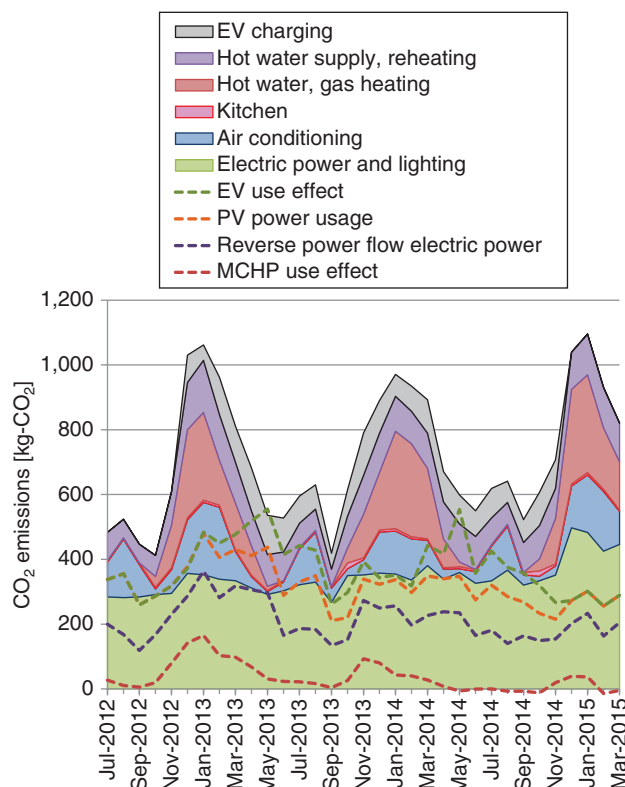


Fig. 14 Application-specific CO₂ emissions by month

電量と同等の電力を電力会社から購入した場合の CO₂ 排出量から、MCHP が発電用に消費したガス量に相当する CO₂ 排出量を減算したものである。ここで MCHP が発電用に消費したガス量は、MCHP 発電ユニットが消費したガス量を発電量と発熱量の比で分離し、発電量に相当する量を表す。“PV 発電使用分”は、PV 発電電力のうち家庭内で消費された電力と同等の電力を電力会社から購入した場合の CO₂ 排出量を表す。また“PV 発電逆潮流分”は、逆潮流された電力と同等の電力を電力会社が発電した場合の CO₂ 排出量を表す。これらは CO₂ 削減分として点線の積み上げグラフで表した。

“動力と照明”、“給湯”による CO₂ 排出量の季節変動は少ないが、“エアコン”、“温水とガス暖房”は季節変動が大きい。また MCHP, PV, EV による CO₂ 排出削減量の総和は、“動力と照明”と“給湯”による排出量を合わせた量に近い値になった。特にその値は、家庭内でのエネルギー消費量の少ない春と秋でほぼ同じになった。CO₂ 削減への寄与という観点では、PV は通年にわたり効果が高いのに対して、MCHP は熱消費量が少なく運転時間の短い夏期には効果が低かった。

Fig. 15 に年間平均の CO₂ 削減割合を示す。PV の効果が高く、PV 発電により家庭内で使用された電力量と電力会社に逆潮流された電力量の効果을合わせると、CO₂ 削減量全体の 72% を占めた。

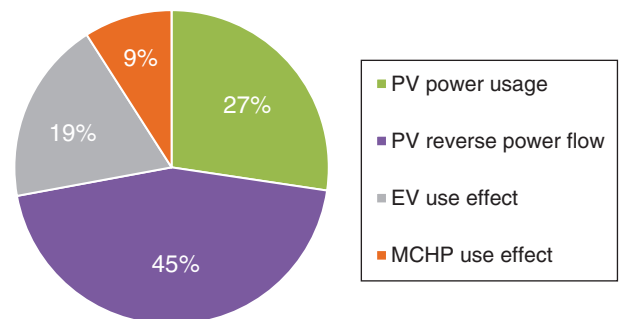


Fig. 15 CO₂ reductions

5. 考察

4 章より、PV は CO₂ 排出量削減に高い効果があることが判った。しかしながら、より高い CO₂ 排出量削減効果を目指して PV の出力を増しても、地域全体での電力逆潮流量が増えた場合に PV の出力が抑制される場合⁽¹⁾がある。したがって、CO₂ 排出量ゼロを単純に PV の出力を増やすことで達成するのは容易ではないと考える。そこでエネルギーの地産地消をふまえて、電力購入量と PV による電力逆潮流量がほぼ等しい家庭において、CO₂ 排出量ゼロを達成する方法を考察する。

4章より、主にガス購入により賄われていた熱需要に由来するCO₂排出量を減らす必要があることが判った。これを具現化するには以下の方法が考えられる。

- (1) 太陽熱温水器やヒートポンプなど、より高効率な熱源機を用いてガス購入量を減らす。
- (2) 購入するガスを、バイオ燃料など再生可能エネルギーに置き換える。

(1)の方法にて太陽熱温水器を用い、給湯と追い炊き、暖房によるガス購入でのCO₂排出量を削減する方法を検討する。

Fig. 16に、本実証実験とは別に計測した真空管式太陽熱温水器の各月の平均集熱効率を示す。

この結果を基に、Table 12のような太陽熱温水器を追加設置した場合の効果を試算する。以下にその試算条件を示す。

- ・MCHP 補助ボイラで供給された熱エネルギーを、すべて太陽熱温水器で作った熱に置き換える。また、その分だけ補助ボイラの運転を止める。
- ・熱需要より太陽熱温水器の発生熱量が多いときは、余剰熱量を発生させないようにMCHP発電ユニットの運転時間を短縮する。
- ・MCHP発電ユニットの運転時間短縮により減少した電力量は、電力会社からの電力の購入で充当する。

Fig. 17にCO₂排出量の試算結果を示す。実証実験棟に4 m²の太陽熱温水器を設置した場合は、設置しない場合に比べ10%のCO₂削減効果が期待できる。太陽熱温水器を設置しない場合に比べ、MCHP発電ユニットの運転時間は短くなる。これにより電力購入量は増えるがガス購入量は減るので、全体ではCO₂排出量が削減される。

次に、太陽熱温水器の面積をさらに増やした場合のCO₂排出量の削減効果試算をFig. 18に示す。

太陽熱温水器の面積を32 m²まで増やしても、CO₂排出量の削減率は71%にとどまる。これは、太陽熱温水器の効果によるCO₂排出量の削減と、電力購入量の増加に伴うCO₂排出量の増加のトレードオフによるものである。したがって、太陽熱温水器を追加設置するのみではCO₂排出量をゼロにできないことがわかった。

ガス購入でのCO₂排出量をゼロにするには、化石燃料を

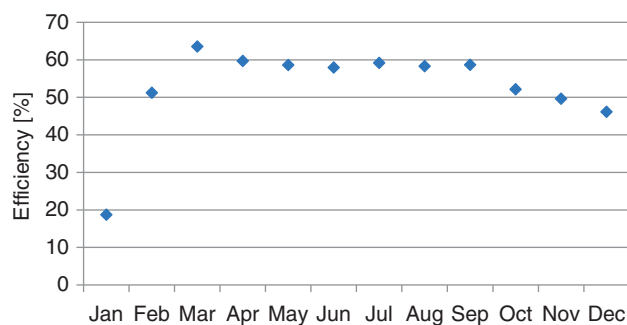


Fig. 16 Measured heat absorption efficiency of solar water heaters

Table 12 Solar water heater

Heat collection area	4 [m ²]
Endothermic efficiency	50 [%]
Amount of insolation	By experimental house data

使用することなく家庭内の熱需要を満たす必要がある。その方法として、以下の方法が考えられる。

- (a) ガスを、再生可能エネルギー由来の水素やバイオ燃料など、CO₂排出量がゼロと見なされる燃料に置き換える。
- (b) 熱源機をヒートポンプなど電力駆動のものに置き換え、PV発電電力により動作させる

(b)の方法にて、熱を全てヒートポンプで賄う場合と、太陽熱温水器4 m²および補助熱源としてヒートポンプを加えて賄う場合とで、CO₂排出量をゼロにするために必要なPV出力を試算する。ヒートポンプの効率は、本実証実験とは別に計測したFig. 19に示すデータを用いる。

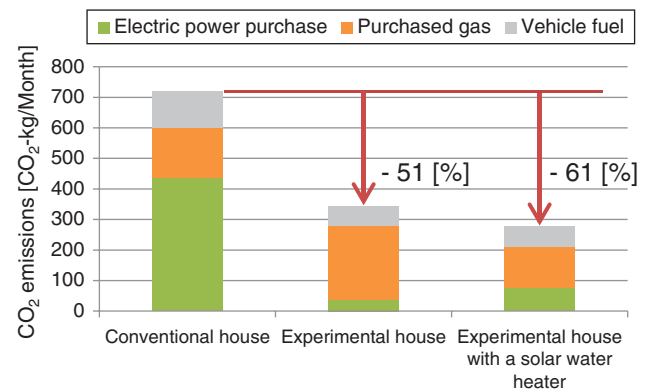


Fig. 17 Simulated CO₂ reduction effect of HSHS

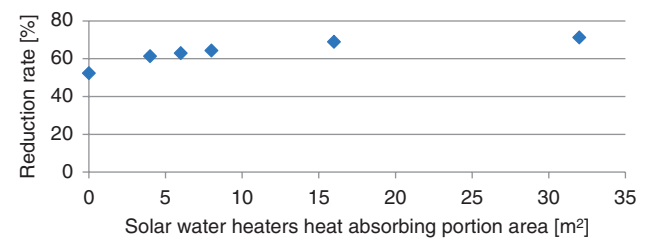


Fig. 18 Simulated CO₂ reduction effect of solar water heaters

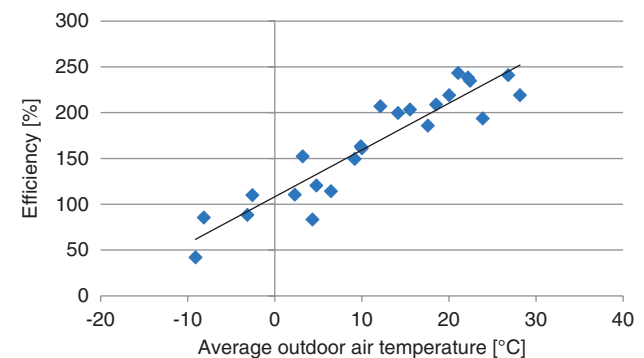


Fig. 19 Measured efficiency of heat pump

Table 13 Estimated PV output required to achieve zero CO₂ emissions with heat pump

Conditions	PV output [kW]
Heat pump	10.1
Heat pump with solar water heater 4 [m ²]	7.1

Table 13 に試算結果を示す。熱源機を MCHP から太陽熱温水器 4 m² とヒートポンプを組み合わせて用いる場合でも、実証実験棟の倍近い PV 出力が必要であることが判った。これを具現化するには屋根面積を超える PV 設置面積が必要であり、現実的な解として採用するのは容易ではない。

以上より、電力購入量と PV による電力逆潮流量がほぼ等しい場合において、HSHS に以下の変更を加えても CO₂ 排出量ゼロを達成するのは容易ではないことが判った。

- MCHP をヒートポンプに置き換える。
- MCHP を太陽熱温水器とヒートポンプとの組み合わせに置き換える。

従って CO₂ 排出量ゼロを達成するためには、5 章の最初に記載した二通りの方法にて (2) で示す“購入するガスを CO₂ 排出量がゼロと見なされる燃料に置き換える”方法を、今後の検討の方向性として加える必要がある。

6. まとめ

HSHS を用いたときの CO₂ 排出量削減効果と、それにより CO₂ 排出量を半減できたことが示され、第一の目的と目標は達成した。また、CO₂ 排出量ゼロに向けては、暖房など熱源用のエネルギーによる CO₂ 排出量が鍵となることが判った。

実証実験の次のステップでは、現状の HSHS に太陽熱温水器を加えて 5 章で述べた CO₂ 排出量削減効果を検証する予定である。しかし、それだけでは CO₂ 排出量をゼロに出来ないことも 5 章で導かれた。そこでさらに先のステップとして、再生可能エネルギー由来の水素やバイオ燃料など CO₂ 排出量がゼロと見なされる燃料を用いる方向性を提案した。

参考文献

- (1) 環境省：平成 28 年度環境省重点施策，
<http://www.env.go.jp/guide/budget/h28/h28juten-2.pdf>, 2017/1/17
- (2) 官邸：地産地消型など再生可能エネルギー等の導入促進，
<http://www.kantei.go.jp/jp/topics/2015/0109siryou1-8.pdf>, 2017/1/17
- (3) さいたま市：E-KIZUNA Project，

<http://www.city.saitama.jp/001/009/004/001/002/p013909.html>, 2017/1/17

- (4) 津野康一，小谷尚史，土橋学，小出文隆，福重貴浩，有吉斗紀知：Honda Smart Home System の開発，Honda R&D Technical Review, Vol.26, No.1, p.11-16
- (5) (社)日本サステナブル建築協会：平成 11 年省エネ基準の概要，
<http://lowenergy.jsbc.or.jp/top/house/enecon/heisei11.html>, 2017/1/17
- (6) 東京ガス (株)：エコウィル，
<http://home.tokyo-gas.co.jp/living/ecowill/lineup/index.html>, 2017/1/17
- (7) 本田技研工業 (株)：FIT EV，
<http://www.honda.co.jp/FITEV/spec/>, 2016/6/7
- (8) (社)日本ガス協会：CO₂ 排出量，
http://www.gas.or.jp/kankyo/co2taisaku_20130221.pdf, 2017/1/17
- (9) 東京ガス (株)：エコジョーズ，
<http://tg-gamedios.tokyo-gas.co.jp/landing/images/TKG00001/orig/28/110493113651SZ00.pdf>, 2017/1/17
- (10) 本田技研工業 (株)：ホンダフリード，
<http://www.honda.co.jp/auto-archive/freed/2014/webcatalog/performance/#spec>, 2017/1/17
- (11) 資源エネルギー庁：固定価格買い取り制度の運用見直し等について，
<http://www.meti.go.jp/press/2014/01/20150122002/20150122002-3.pdf>, 2017/1/17

著者



金井 靖司



山田 想